

PUB-NO: JP409103896A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09103896 A
TITLE: LASER BEAM MACHINING HEAD

PUBN-DATE: April 22, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

YASUDA, KOZO

SAKURAI, TAKASHI

HAYAKAWA, AKIRA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

KAWASAKI HEAVY IND LTD

APPL-NO: JP07286473

APPL-DATE: October 7, 1995

INT-CL (IPC): B23 K 26/06; B23 K 26/00; B23 K 26/04; B23 K 26/08; B23 K 26/14; G02 B 6/42; G21 C 19/02

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable laser machining to be performed on a narrow part and to allow a machining part to be adjusted through the inserted quantity of an optical fiber by arranging a distributed refractive index type lens at the laser output end of the optical fiber and condensing the laser beam emitted at a divergence angle.

SOLUTION: This laser machining head 1 condenses laser beams having a divergence angle with the use of a distributed refractive index type lens 8 in a condensing optical system, melts the surface of a work as well as the tip end of a filler wire, and feeds it to the melting part of the work. The tip end position of the optical fiber 5 supported by a roller tube 9 can be adjusted by pushing in and out the fiber with the driving device 10 inside a control cabinet 2. The laser machining head 1 is provided with plural optical fibers 15 which are connected to a monitor 17 in the cabinet 2; an image formed by an image fiber 16 is then displayed in a display tube so that the machining state is judged. Thus, the laser machining of a narrow part is made possible, as is the adjustment of a machining part through the inserted quantity of the optical fiber.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-103896

(43)公開日 平成9年(1997)4月22日

(51)IntCl ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/06			B 2 3 K 26/06	A
				Z
26/00	3 1 0		26/00	3 1 0 B
26/04			26/04	C
26/08			26/08	K
審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 12 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-286473

(22)出願日 平成7年(1995)10月7日

(71)出願人 000000974

川崎重工業株式会社

兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号

(72)発明者 安田 耕三

千葉県野田市二ツ塚118番地 川崎重工業株式会社野田工場内

(72)発明者 桜井 隆

千葉県野田市二ツ塚118番地 川崎重工業株式会社野田工場内

(72)発明者 早川 明良

千葉県野田市二ツ塚118番地 川崎重工業株式会社野田工場内

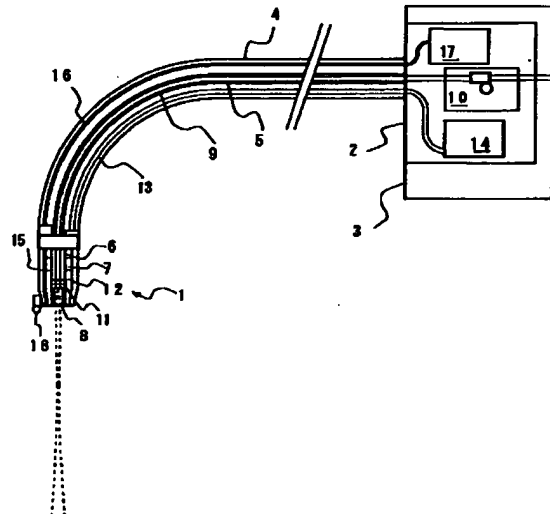
(74)代理人 弁理士 関 正治

(54)【発明の名称】 レーザ加工ヘッド

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 集光光学系の径を小さくし、狭隘部分や狭開先のレーザ加工ができるファイバー導光式レーザ加工ヘッドと集光程度を調整できるレーザ加工装置を提供する。

【解決手段】 レーザ加工ヘッド1の集光光学系として屈折率分布型レンズ8をレーザ光を導く光ファイバー5のレーザ出力端に両者の光軸が一致するように配設し、屈折率分布型レンズが発散角を有するレーザ光を集光するようにする。また、レーザ加工ヘッドの先端部にワイヤチップを備え、かつ、フィラーワイヤを供給するフィラー供給機構を備えて、集光されたレーザ部分にワイヤの先端を供給する。さらに、光ファイバーを2本有し、一方のレーザ光を用いて溶接部の材料表面を溶かし、続いて他方のレーザ光を用いてフィラーワイヤを溶融して溶接部に充填するようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を導く光ファイバーのレーザ出力端に屈折率分布型レンズを光軸が一致するように配設し、該屈折率分布型レンズが前記光ファイバーから射出した発散角を有するレーザ光を集光して加工に用いるレーザ加工ヘッド。

【請求項2】 請求項1記載のレーザ加工ヘッドであって、

さらに、該レーザ加工ヘッドの先端部にワイヤチップを備え、かつ該ワイヤチップにフィラーワイヤを供給するフィラー供給機構を備えて、前記屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ部分にフィラーワイヤの先端を供給することを特徴とするレーザ加工ヘッド。

【請求項3】 レーザ光を導く第1と第2の光ファイバーを有し、第1光ファイバーのレーザ出力端に第1の屈折率分布型レンズを光軸が一致するように配設し、第2光ファイバーのレーザ出力端に第2の屈折率分布型レンズを光軸が一致するように配設し、第2屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ部分にフィラーワイヤの先端を供給するワイヤチップを備え、かつ該ワイヤチップにフィラーワイヤを供給するフィラー供給機構を備えて、

前記第1屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ光を用いて溶接部の材料表面を溶かし、続いて前記第2屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ光を用いてフィラーワイヤを溶融して溶接部に充填するレーザ加工ヘッド。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかに記載のレーザ加工ヘッドであって、

前記光ファイバーの出力端面と前記屈折率分布型レンズの入射端面の間の距離を調整する機構を備えることを特徴とするレーザ加工ヘッド。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載のレーザ加工ヘッドであって、

さらに、前記屈折率分布型レンズの周縁部に同心状のノズルを備え、かつ該ノズルに集光レンズの冷却用ガス、溶接ガスもしくはシールドガスを供給するガス供給管を備えることを特徴とするレーザ加工ヘッド。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれかに記載のレーザ加工ヘッドであって、

さらに、前記屈折率分布型レンズの周囲に同心状に配設されて加工部からの光を受ける複数の光ファイバーからなるイメージファイバーを備えることを特徴とするレーザ加工ヘッド。

【請求項7】 請求項1ないし6のいずれかに記載のレーザ加工ヘッドであって、

前記レーザ光がヨウ素レーザにより生成されるものであって、前記屈折率分布型レンズの母材が石英であることを特徴とするレーザ加工ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバー導光式の大出力レーザを扱うことが可能な小型のレーザ加工ヘッドに関し、特にパイプ内面や核融合炉内部保護タイルの裏側など、狭隘な箇所で大出力レーザを利用した加工を可能とする、焦点位置を調整することができる極微小な加工ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、レーザ発信器の性能向上とレンズ等の伝送光学系の性能向上があり、加工位置の自由度が高くビームハンドリング光学系の簡略化が可能となったため、光ファイバーを用いたフレキシビリティの高い加工システムを構築して高出力レーザ加工が行われるようになってきた。集光光学系においてもファイバー入射面における集光スポットの微細化は勿論、加工点における集光スポットも微細化し、レーザ加工適用範囲も電子部品の溶接、厚板の切断、穴開けなど拡大しつつある。このような最近の進歩により、伝送光学系としては、例えばコア径0.2～0.8mm、仕上がり径数mmの細くて柔軟な光ファイバーを用いることができるので、狭隘な開先、細管内部の欠陥位置や人の立ち入れない部分など殆どどんな箇所にもアクセスが可能となった。

【0003】しかし、集光光学系の方は、ファイバー射出光をよく絞り集束点を小さくする必要から、光ファイバーから出射されたレーザを十分拡幅した上で大口径レンズで集束することが好ましく、また収差を小さくする必要からレンズを複数用いた組合せレンズ方式とせざるを得ないため、加工ヘッド部の径は大きくまたファイバー端面から加工レンズ最終端までの距離は長くならざるを得なかった。また、加工に必要な水準のエネルギーを有する有効部分を長くするためには光線の広がり角を小さくする必要があり、光ファイバーの出射端からレンズまでの距離を大きくとらなければならなかった。また、溶融、焼き入れ、クラディング、マーキングなど、目的とする加工の種類により被加工物を照射するエネルギー密度が異なる。このため、異なる焦点距離毎に設計した光学系を用意しておいて、用途が異なると光学系を差し替えて使用する必要があった。また、被加工物の開先部を溶融物で充填する場合など、集光点位置を加工の進行に従って変化させる必要がある場合がある。

【0004】図13は、従来のレーザ加工ヘッドの例を示す図面である。図中右端に固定された光ファイバーの端面からレーザ光が一定の広がり角をもって出射する。適当な大きさに広がったレーザ光を組合せレンズからなる集光光学系で集光する。最終段レンズは軸方向に位置変更ができるようになっていて、若干は集光点位置を調整することができる。なお、さらに大きく集光点位置と集光径を変更するために、特開平4-305390号公報にファイバー固定部と集光レンズ部を分離型構造として、必要に応じて集光レンズ部のみを交換できるように

したものが開示されている。これらの設計例として、
1. 3kWのYAGレーザを使用したレーザ加工ヘッド
について、集光光学部分の径が約100mm、長さが3
00mm程度のものが得られている。

【0005】また、集光系として石英系のレンズを使用
すると冷却が困難であるため、輻射熱を受けて過熱する
ことによるコーティング破損、レンズそのものの破壊等
の不具合を生ずる。また、熱による歪みが光学系に不具
合を生じさせる。これに対して、特開平5-21257
1号公報が加工レンズを保持するレンズホルダのレーザ
ビーム入射側をレーザビーム反射体で構成しハウジング
内側をレーザビーム吸収体で構成するレーザ加工ヘッド
を開示している。さらに、ハウジングに放熱フィンを設
け冷却水を通じるなどにより加工レンズの熱歪みを抑制
している。このレーザ加工ヘッドはハウジングで積極的
に熱を吸収してそれを冷却するものであるため、ヘッド
寸法を小さく収めることは容易でない。このように、伝
送光学系において加工位置の自由度が期待できるにも拘
わらず、主に集光光学系の径および長さにより狭径箇所
の加工に制約があり、集光光学系の矮小化が要望されて
いた。

【0006】なお、加圧水型原子力発電所の蒸気発生器
伝熱管損傷部の補修のために、従来のろう付け式補修法
に代わって、高出力のYAGレーザを光ファイバーで伝
送して狭径な細管内面から補修スリーブを溶接する手法
が開発されている。溶接部位は狭径かつ放射能雰囲気有
ることから遠隔でのレーザ溶接が好ましい。図14
は、上記スリーブ溶接法の装置構成例の概略図である。
原子炉格納容器外のコンテナには電源と冷却装置を備え
る2kWのYAGレーザ発振器が設置されると共に、図
外のトレーラには炉内で作動する各種ロボットのコント
ローラや溶接後の目視検査装置が搭載されている。発振
器より得られたビームは長さ200m、コア径0.55
mmの光ファイバーにより伝熱管内部の光路分岐装置、
さらに25mの光ファイバーにより溶接ヘッドまで伝送
される。溶接ヘッドでは光ファイバーから放散されるレ
ーザ光を外径16mm以下の4枚のレンズからなるレン
ズ系で集束し、誘導体多層膜を形成した高反射率金属ミ
ラーで反射させて内径16.4mmのスリーブの0.2
mm入ったところにビーム径0.6mmの集光スポット
を形成させる。溶接ヘッドは軸の周りを周回して、内径
19.6mmの伝熱管にスリーブを溶接する。このよう
なレーザ溶接式スリーブ補修法により、放射能雰囲気内
であっても遠隔操作により容易に狭径な細管内の部位を
溶接修理することができるようになった。

【0007】特開平7-116880号公報にこのよう
な目的に使用するため改良されたレーザ加工ヘッドが開
示されている。ここで開示されたレーザ加工ヘッドは、
光ファイバーから出射されたレーザ光を、レンズ系の代
わりに、軸はずし楕円ミラーで集束する機構とヘッド部

を冷却する冷却機構を具備する小型なものである。光フ
ァイバーの先端が軸外し楕円ミラーの一方の焦点に配置
するとレーザ光が他方の焦点に集光するので、レーザ加
工が可能になる。楕円ミラーを含むレーザ光集束機構は
輻射熱による過熱を防ぐため冷却される。このレーザ加
工ヘッドは、太さの決まった細管内の破損部分の軸上に
据えて光ファイバーの軸の周りを回転し、軸はずし楕円
ミラーが高出力レーザビームを屈折集光し細管内面に当
てられたスリーブの端部に照射して細管に溶接する。こ
のレーザ加工ヘッドは光学レンズ系を使用せず少ない部
品で経済的に製造することができる。ここで、特開平7
-116880号公報開示のレーザ加工ヘッドは、ミラ
ーの曲面形状と、焦点と被加工物間の距離の組み合わせ
を適正に設定することによって施工点でのエネルギー密
度を自由に設定して、溶融、焼き入れ、クラディング
など種々の加工に適した熱源を作ることが可能であると
している。しかし、このレーザ加工ヘッドでは、加工に
適するエネルギー密度が変われば、それに従ってミラー
を取り替えるか、レーザ加工ヘッドの位置を変更して施
工しなければならず、まして加工中に適正なエネルギー
密度が変化する場合に対応することは不可能である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】そこで、本発明が解決
しようとする課題は、集光光学系の径を小さくすること
により、細管内部やスリット内の部分など狭径部分や狭
開先のレーザ加工ができる新しいファイバー導光式レー
ザ加工ヘッドを提供することである。また、従来使用し
ていたレンズ光学系を排して部品点数が少なく光学的組
立精度を容易に確保できるようなレーザ加工ヘッドを提
供することである。さらに、加工点における集光程度を
容易に調整することができるレーザ加工装置を提供す
ることである。また、狭開先の溶接など、加工中に加工位
置の変化に応じて有効レーザビームの位置を変更するこ
とができるレーザ加工ヘッドを提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するた
め、本発明のレーザ加工ヘッドは、集光光学系に屈折率
分布型レンズを用いるもので、屈折率分布型レンズをレ
ーザ光を導く光ファイバーのレーザ出力端に両者の光軸
が一致するように配設し、屈折率分布型レンズが発散角
を有するレーザ光を集光することとを特徴とする。また、
レーザ加工ヘッドの先端部にワイヤチップを備え、かつ
ワイヤチップにフィラーワイヤを供給するフィラー供給
機構を備えて、屈折率分布型レンズにより集光されたレ
ーザ部分にフィラーワイヤの先端を供給するように構成
しても良い。さらに、本発明のレーザ加工ヘッドは、レ
ーザ光を導く光ファイバーを2本有し、第1の光ファイ
バーのレーザ出力端に第1の屈折率分布型レンズを光軸
が一致するように配設し、第2の光ファイバーのレーザ
出力端に第2の屈折率分布型レンズを光軸が一致するよ

うに配設し、さらに第2屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ部分にフィラーワイヤの先端を供給するワイヤチップを備え、かつこのワイヤチップにフィラーワイヤを供給するフィラー供給機構を備えて、第1屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ光を用いて溶接部の材料表面を溶かし、続いて第2屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ光を用いてフィラーワイヤを溶融して溶接部に充填することを特徴とする。

【0010】なお、本発明のレーザ加工ヘッドは、光ファイバーの出力端面と屈折率分布型レンズの入射端面の間の距離を調整する機構を備えることが好ましい。さらに、屈折率分布型レンズの周縁部に同心の円環状吹き出し口を有するノズルを備え、かつそのノズルに溶接ガスもしくはシールドガスを供給するガス供給管を備えていてもよい。またさらに、屈折率分布型レンズの周囲に同心状に配設されて加工部からの光を受ける複数の光ファイバーからなるイメージファイバーを備えることが好ましい。なお、レーザ光がヨウ素レーザにより生成されるものであって、屈折率分布型レンズの母材が石英であることが好ましい。

【0011】本発明のレーザ加工ヘッドは、集光光学系に組合せレンズ光学系と比較して径が小さい屈折率分布型レンズを用いるから、ヘッド部分が極微細なものとなり、光ファイバーの自由度と相俟って、加工位置や姿勢の自由度が増大し、狭隘な箇所でも容易にレーザエネルギーによる切断加工や溶接加工が可能となる。また、フィラーワイヤを送給する機構を有する場合には、レーザ光により加工物表面を溶融すると共にフィラーワイヤ先端を溶融して加工物の溶融部分に供給するので溶接部を適当な金属で充填することができる。さらに、レーザ光を導く光ファイバーを2本有し、第1屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ光を用いて溶接部の材料表面を溶かし、続いて第2屈折率分布型レンズにより集光されたレーザ光を用いてフィラーワイヤを溶融して溶接部に充填するように構成されたものは、材料表面を予め軽く溶融することにより表面の濡れ性を向上させるので、溶融されたフィラー金属が材料表面によくなじんで、母材との未溶融部がない良好な溶接部を形成する。

【0012】なお、光ファイバーの出力端面と屈折率分布型レンズの入射端面の間の距離を調整する機構を備えるレーザ加工ヘッドは、上記距離を調整することにより加工点における集光程度を変化させて、材料までの距離や溶断深さ、あるいは溶接・切断・穴開け・マーキングなど加工の種類に適合するレーザ形状やエネルギー水準を得るようにすることができる。また、溶接開先の仮溶接後に多層溶接による充填をするなど、被加工物までの必要距離が溶接工程中で変化する場合にも、レーザ加工ヘッドの位置を変えずに光ファイバー端面とレンズ入射端面との間の距離を調整することで対応することができる。

【0013】さらに、屈折率分布型レンズの周縁部に同心状のノズルを備え、ガス供給管を備えているものは、加工中にアルゴンArやヘリウムHe、あるいは窒素N₂などの不活性ガスを加工ヘッド部に流通させることにより、レンズ等を含むヘッドを冷却するとともに、被加工物とヘッドの間に発生するプラズマ状の金属粒子を吹き飛ばして溶融物がヘッド部に付着するのを防ぎ、光学系を保護するシールド機能を果たす。また切断加工時には、ガスを加工部分に強く吹き付けることにより、溶融物を吹き飛ばして切断部分に滞積することを防止し切断面を滑らかにすることができる。またさらに、加工ヘッドの先端部にイメージファイバーを備えるものは、遠隔で加工部分を監視し、対象位置を確認したり溶融して発光する状態を観察して加工状況を把握するために使用することができる。

【0014】なお、屈折率分布型レンズの母材が石英であり、波長1.315 μ mのヨウ素レーザを用いる場合は、石英の透過率が波長1.315 μ m付近で十分高いため高出力のレーザ発生装置と併用することにより強力なエネルギーを発生するレーザ加工ヘッドを得ることができる。また、近年ヨウ素レーザの発達により極めて強力なエネルギーを有するレーザビームを得ることができるようになってきた。さらに、ヨウ素レーザは石英における透過率が高いため石英系の光ファイバーにより長距離伝送が可能である。そこで、レーザ加工装置毎にレーザ発生装置を備える代わりに、加工工場の一隅に大型のヨウ素レーザ発生装置を設置して、これを始点とする光ファイバー網を工場内に張り巡らし、光分配器を介して各加工位置に設けた本発明のレーザ加工ヘッドにレーザエネルギーを分配する方式を用いることにより、工場内の各所で大出力のレーザエネルギーを使用するレーザ加工を可能とすることができる。またレーザ波長が1.06 μ m付近であるYAGレーザを用いる場合も、石英はこの領域における吸収率が比較的低いため、良好なレーザ加工ヘッドを得ることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】

【実施例1】以下、図面に基づき実施例を用いて本発明のレーザ加工ヘッドを説明する。図1は、本発明の第1の実施例を示す断面図である。レーザ加工ヘッド1は制御部筐体2を有するアタッチメント3により図示しないマジックハンドの先に取り付けられて、マジックハンドの操作により狭隘な箇所の切断や溶接を行うことができるようになっている。レーザ加工ヘッド1は制御部筐体2から突設されるヘッド支持棒4の先端に支持されている。ヘッド支持棒4は外径が約15mm、長さ約450mmで先端部が曲率45mmで垂直方向まで曲がった鍵型のパイプ状になっており、先端に取り付けられたレーザ加工ヘッド1が軸方向に対して垂直の方向に向くようになっている。

【0016】レーザ加工ヘッド1には光ファイバー5によってレーザ光が導かれてくる。レーザ光は、図外のレーザ発生装置から幹線光ファイバーで近くまで伝送されてきて、同じく図外の光分配器で当該加工ヘッドに連結する光ファイバー5に分岐してきたものである。このような構成では、工場内に複数の加工装置がある場合にも、レーザ加工ヘッド1毎にレーザ発生装置を付属させる必要がなく、1基のレーザ発生装置を適当な場所に設備してレーザ光を幹線光ファイバー網と分配器を介して個々のヘッドに配給すればよい。従って、レーザ発生装置の規模に制約がないから、大出力レーザ発生装置を導入することが可能である。このため、レーザ加工によく用いられるYAGレーザなどの固体レーザを用いることができるのは勿論、気体媒質を利用し出力容量を大きくするためには発生装置が大きくならざるを得ないヨウ素レーザを使用することも容易に可能となる。ヨウ素レーザは波長が $1.315\mu\text{m}$ 付近であることから石英を母材とする光ファイバーや屈折率分布型レンズにおける透過率が極めて大きいという特性を有し、遠隔のレーザ発生装置から光ファイバー中を伝搬させてレーザ加工を行うのに適している。

【0017】光ファイバー5の母材としてはプラスチック素材も用いることができるが、現状では導光ロスが大きく大出力レーザの導光には適していない。光ファイバー5の先端部は保持具6により軸が一定の位置に来るように保持されている。保持具6は放射状のビームを形成する支持材7によりヘッド先端部の内壁に対して同心位置に固定されている。保持具6内には、光ファイバー5の先端からの光を受けるように屈折率分布型レンズ8が装備されている。屈折率分布型レンズ8は、レーザ光の吸収を抑えるため石英系の母材から製作されている。屈折率分布型レンズ8は、たとえば仕上がり外径2mm程度のものを利用することができる。

【0018】屈折率分布型レンズは、レンズ内部の屈折率が中心軸から外周面に向かって放物線状に分布している円柱状の光学ガラス体で、中心部で屈折率が高く周辺部で低くなった構造をしている。このレンズに光が入ると光の入る位置によって屈折率が異なるため通常のレンズと同様に場所によって光の曲がり方が異なりレンズを形成する。図2は、屈折率分布型レンズの端面に点光源を密着させたときの結像状態を表す図面であり、図3は、この時の出射端面・像間距離の変化を表すグラフである。屈折率分布型レンズの長さが入射光波長に対するピッチで表してZである時に、屈折率分布型レンズの出力側端面から距離1の位置に結像する。図3に示すとおり、レンズピッチZが短い間はレンズピッチの僅かな変化に対して出射端面・像間距離1が急激に変化することが分かる。なお、ピッチはレンズ内の光線の蛇行周期を表し、ピッチ0.25のレンズでは無限遠物体の倒立実像が出射端面に結像し、逆に点光源を入射端面の中心に

置けば平行性の良い光ビームを取り出すことができる。また、ピッチ0.5では入射端面に置いた物体の倒立実像が出射端面上に結像する。レンズのどの位置に集光させるかは屈折率分布型レンズ8のピッチすなわち長さしを変えることで変更することができる。そして、光ファイバーからの出射光が点光源であると仮定できる場合は、集光点の位置を計算により容易に求めることができる。

【0019】しかし、現実の光ファイバーはコア径が有限の値を持つため、光ファイバーの端面に存在する点光源であるとみなすことはできない。図4は、光ファイバーからの出射光を点光源と見なすときの光源位置の関係を示す図である。光ファイバーのコア径がDmmであり、発散角が 2θ であるとすれば、端面からLmm入った位置に点光源が存在すると仮定することができる。図5は、具体的な値について仮想点光源位置を計算した結果を示すグラフである。コア径が0.3mmのときに、 2θ が16度であれば仮想点光源位置は端面から1.07mm入ったところとすることができ、 2θ が20度であれば端面から0.85mm入ったところとすることができ、ファイバーを屈折率分布型レンズに直接に接触させた場合には上記のような仮想の点光源位置から光が出たものとして、屈折率分布型レンズを通過した後の集光点の位置を決めなければならない。

【0020】このようにして、使用するレーザ光の発散角と光ファイバーのコア径から求める仮想点光源位置、および必要とする被加工物までの距離から、屈折率分布型レンズの適切なピッチを決める。図6は、屈折率分布型レンズのピッチにより集光点位置がいかに異なるかを示した図である。ピッチが0.245(L=6.6mm)である時(図6(a))と0.210(L=5.5mm)である時(図6(b))では、集光位置はそれぞれ屈折率分布型レンズ端面から8mmと24mmと、ほぼ3倍の差が生じる。また、レーザ光の広がり半径2mm以内で必要な加工エネルギー密度が得られると仮定すれば、前者は屈折率分布型レンズ端面から25mm以内が加工可能領域となり、後者はほぼ60mmまでが加工可能領域となる。従って、加工の内容が変わっても適切なピッチの屈折率分布型レンズを選択して入れ替えることにより対処できる。

【0021】光ファイバーを屈折率分布型レンズから離れたときには、仮想点光源位置はさらに光ファイバー出射面と屈折率分布型レンズ入射端面の距離を加えたところにあるとして、屈折率分布型レンズを通過した後の集光点の位置を決めなければならない。図7は、点光源を屈折率分布型レンズの入射端面近くに置いたとき(図7(a))と、遠ざけて置いたとき(図7(b))の集光点位置を示す図面である。レンズの入射端面・物体間距離 l_1 が大きくなると出射端面・像間距離 l_2 は小さくなる。

【0022】図8は、屈折率分布型レンズの結像原理を示す図面である。入射端面・物体間距離 l_1 と出射端面・像間距離 l_2 の関係は、図8に示すように屈折率分布型レンズを厚肉レンズとみなして、物体O・主平面 P_1 間距離 L_1 、像I・主平面 P_2 間距離 L_2 、焦点距離 f ($f=f_1=f_2$) から厚肉レンズの式により求めることができる。しかし、レンズ設計上は、下記の数式(1)*

$$l_2 = \frac{1}{n_0 \sqrt{A}} \cdot \frac{n_0 l_1 \sqrt{A} \cos \sqrt{A} Z + \sin \sqrt{A} Z}{n_0 l_1 \sqrt{A} \sin \sqrt{A} Z - \cos \sqrt{A} Z} \quad \dots \dots (1)$$

【数2】

$$m = \mp \sqrt{\frac{n_0^2 A l_2^2 + 1}{n_0^2 A l_1^2 + 1}} = \frac{-1}{n_0 \sqrt{A} \sin \sqrt{A} Z (l_1 - \frac{\cot \sqrt{A} Z}{n_0 \sqrt{A}})} \quad \dots \dots (2)$$

【0024】図9は、数式(1)からピッチ0.25、0.255、0.260の場合について物体・レンズ前面間距離 l_1 による像・レンズ後面間距離 l_2 の変化を算出した結果を示すグラフである。物体・レンズ前面間距離 l_1 が変化すると像・レンズ後面間距離 l_2 が大きく変化する。また、ピッチが小さくなるほど変化の割合が大きくなることが現れている。図9から、加工の内容が変わるときに屈折率分布型レンズを入れ替えて対処する代わりに、物体・レンズ前面間距離 l_1 、すなわち光ファイバーと屈折率分布型レンズの入射端面との距離を調整することにより、集光点位置や加工領域を変化させて対処してもよいことが分かる。

【0025】光ファイバー5は、光ファイバー5が内部で滑動できるローラチューブ9に支持されていて、制御部筐体2に収納された駆動装置10で抜き差しすることにより、先端位置が調整できるようになっている。保持具6内には光ファイバーを抜き差しして動かすときにも光ファイバー5の芯が中心線からずれないようにガイド11が設けられている。ローラチューブ9を使用するのは、光ファイバー5の僅かな変位が集光位置を大きく変化させるため、小さな力でスムーズに光ファイバー5を抜き差しできるようにするためである。ローラチューブ9はヘッド支持棒4内に収納されている。また、厚板の穴開けにおいて表面から深みに向かって徐々に加工位置をずらしてゆく場合のように、加工中に被加工物との距離を変化させる必要があるときにも、光ファイバー5の先端位置を制御することにより適切に対処できる。

【0026】屈折率分布型レンズ5の周縁部とヘッド内壁との間に保持具6の空間が存在し、同心状のノズル12を形成する。このノズル12にはガス管13からシールドガスあるいは溶接ガスとして用いられるアルゴン、窒素、ヘリウムなどの不活性ガスや空気が供給される。ガス管13はヘッド支持棒4内に光ファイバー5に沿って収納されていて、制御部筐体2内のガス供給装置14に接続している。ガス供給装置14は不活性ガス等の圧※50

*および(2)が用いられており、集光点位置もこれらの式に基づいて求める方が容易である。ここで、 n_0 は光軸上の屈折率、 A は屈折率分布状態を表す定数である。なお、この定数には波長依存性がある。

【0023】

【数1】

※力を調整してガス管13に供給する。このガスはレーザー加工ヘッドを冷却して光学的精度を確保する作用を有する。また、ガスの圧力を適当に設定すると、レーザーが溶かして生じる被加工物のプラズマ粒子を吹き飛ばして、レーザー加工ヘッドの光学系が汚染されないように保護することができる。さらにガスの圧力を高く設定してレーザー加工部分にガスが高速で当たるようにすると、被加工物が溶融されるに従って高速のガスで吹き飛ばすので、被加工物が溶断される。不活性ガスは制御部筐体中に積んだボンベから供給することもできるが、筐体外のガス源から配管で供給するようにしても良い。

【0027】ヘッド内壁には複数の光ファイバー15が配設されていて、統合してイメージファイバー16を形成しており、ヘッド支持棒4内の中空部を通して制御部筐体2内のモニター装置17に接続している。モニター装置17は、各光ファイバー15が加工部からの光を受光したものを統合してイメージファイバー16が形成するイメージを機側あるいは中央監視室に設けられた表示管に表示する。操作員は表示されたイメージから加工状況を判断することができる。レーザー加工ヘッド1の先端部と被加工物とをたとえば5mm間隔に保持するなど一定の關係に保つためガイドローラ18が取り付けられている。

【0028】以上のようにして構成されたレーザー加工ヘッド1は、レーザー加工ヘッド1を先端に支持するヘッド支持棒4の外径に合わせて、外径が約15mm、長さ20mm程度にすることができ、全体として極めて小型な加工ヘッドとなる。従って、本実施例の装置を用いれば、細管やスリット内など、極めて狭隘な部分にレーザー加工ヘッド1を挿入してレーザー加工することが可能である。また、光ファイバー5の先端を屈折率分布型レンズ8の端面に対して出し入れして距離を調整することができるから、同一の装置で、溶接、切断、焼き入れ、クラディング、マーキング等、各種のレーザー加工を実施することができる。なお、第2実施例の説明において詳細

11

に述べるものと同様のファイラワイヤ給送装置を付属することにより充填溶接を行うようにすることができる。また、対象あるいは加工の種類に従って適切なレーザ加工におけるエネルギー分布状態を選択することができるばかりか、加工中に遠隔で連続的に加工位置を変化させることができる。なお、本実施例では光ファイバー5の位置調整を制御部筐体2内の駆動装置10で行うこととしたが、先端部のレーザ加工ヘッド1内に極小型の駆動装置を備えてこれを遠隔的に制御して光ファイバー5を出し入れしても良いことはいうまでもない。さらに、モニター装置を通じて加工状態を連続的に監視することができる。なお、イメージファイバー16はヘッド内壁に分布して配設した複数の光ファイバー15を統合するように構成したが、複数の光ファイバーを束ねたものの断面を加工部分に向けて画像を直接的に取得するようなものであっても良い。

【0029】

【実施例2】図10は、本発明の第2の実施例のレーザ加工ヘッドの壁の一部を取り除いたところを表す斜視図である。第2実施例は、狭開先レーザ溶接用に構成された加工ヘッドの例を示すもので、溶接用とするために加工点にワイヤを送給する供給装置が付加され、またレーザによる多層溶接を実現するためにレーザ光を導くファイバーを2本設置している。図10は第2実施例のレーザ加工ヘッド21の保護カバー内側の壁を取り除いた状態を表している。レーザ加工ヘッド21は、チップ保持ブロック22を有し、該チップ保持ブロック22には最上部にモニター用のイメージファイバー23が埋め込まれている。イメージファイバー23は複数の光ファイバーを両先端で同じ配置になるように束ねたものであつて、先端で取得した画像は光ファイバー24により伝送される。

【0030】イメージファイバー23の直下には第1のレーザ加工チップ25が配置されている。第1レーザ加工チップ25は先端に第1の屈折率分布型レンズ26を埋設してあって、このレンズの端面には加工用のレーザ光を伝送してくる光ファイバーの先端が同軸上に当設されていて両者の距離が調整できるように構成されている。距離の調整は第1実施例と同様に外部の調整装置により光ファイバーを抜き差しするようにしても良いし、ブロック22内に小型の駆動装置を備えてもよい。光ファイバーは、光ファイバーが内部で滑動できる第1のローラチューブ27に支持されて制御部筐体を介してレーザ光を分配する幹線光ファイバーに結合されている。なお、上記の距離調整でも的確な集光位置の調整ができない場合は、適当な屈折率分布型レンズと取り替えることにより調整可能位置を変更することができる。第1レーザ加工チップ25のさらに下には第2のレーザ加工チップ28が配置されている。第2レーザ加工チップ28も第1レーザ加工チップ25と同様に先端に第2の屈折率

12

分布型レンズ29を埋設してあって、このレンズの端面には第2のローラチューブ30に支持された光ファイバーの先端が当設されていて両者の距離が調整できるようになっている。距離の調整方法も第1レーザ加工チップ25と同様である。

【0031】第2レーザ加工チップ28の下にはガス吹き出し管31が配置されている。適当な圧力を有するガスがガス配管32により供給される。ガス吹き出し管31の吹き出し口は第1レーザ加工チップ25と第2レーザ加工チップ28の先端部に向いており、吹き出したガスがレーザ加工ヘッドを冷却すると共に、レーザにより生じるスパッタやブルームを吹き飛ばして、レーザ加工ヘッドが汚染されないように保護する。さらに第2レーザ加工チップ28がレーザ加工している部分にガスが高速で当たるようにすると、被加工物の溶断が可能となる。また、ガス吹き出し管31の下ブロック22内には図示しないファイラワイヤ給送装置が設備されている。ファイラワイヤ給送装置はファイラワイヤ33の先端を第2レーザ加工チップ28から放射されるレーザビームの溶接可能領域内に供給する。ファイラワイヤは上記レーザビームにより溶解されて被加工物表面に付着してそこで固化する。ファイラワイヤは先端部分が溶融されて消費されるに従って新たに押し出されてきて、ファイラワイヤ給送装置に供給される。レーザ加工ヘッド21はヘッドカバー34に覆われている。レーザ加工ヘッド21は断面が幅約15mm、高さ約55mmの大きさに収まった。なお、35は光ファイバー24、27等を保護するカバーで、チップ保持ブロック22は保護カバー35に対して固定される。

【0032】本実施例のレーザ加工ヘッドによれば、第1レーザ加工チップ25からのレーザ光が母材の表面を僅かに溶かして添加金属との濡れ性を高める。レーザ加工ヘッド21は適当な速度で上方に移動するので、母材表面の濡れ性が高くなったところで第2レーザ加工チップ28から出射されるレーザ光がファイラワイヤを溶融し母材表面に付着して開先を充填する。加工部分はイメージファイバーで監視される。ガス吹き出し管31から吹き付ける不活性ガス(N₂, Ar, He等)が光ファイバー先端の屈折率分布型レンズの冷却と表面保護のために効果がある。加工ヘッドは手鍵状に曲がっており、狭隙箇所の奥にある開先部の多層盛りレーザ溶接が実現できる。

【0033】図11は第2実施例のレーザ加工ヘッドを使用するレーザ加工装置をその使用の形態と共に示す平面断面図である。図11に示すレーザ加工装置は、特に核融合炉内壁の保護ブロックをレーザ加工することができるように構成されている。トンネル状の核融合炉の内壁60には厚さ70mmの支持梁61が周方向に取り付けられている。また、保護ブロック62には2本の下駄の歯のような厚さ70mmの支持部63があって、これ

が壁の支持梁61に溶接されて壁に固定される。保護ブロック62は厚みが約400mmで方形をしていて相互にはほぼ20mmの間隔でタイル状に貼り付けられている。ただし、保護ブロック62はほぼ馬蹄状に配置されていて、炉内の床部には保護ブロック62が貼られていない部分がある。これら保護ブロック62により炉内の空間に強い封じ込め磁界を作ると共に、高温高压プラズマの温度が内壁に与える影響を緩和する。この核融合炉内壁に設けられる保護ブロックは、定期的に補修する必要があるが、炉内には放射能が残留するため、人が入って工事することは避けなければならない。保護ブロックを取り替えるためにはブロック裏側の支持梁を切断して剥がした上で新しいブロックを付けて溶接するが、これまでは中側のブロックにアクセスする方法がなく端から順に切り外して、中側から順に取り付けていくしかなかった。図11に示すレーザ加工装置によれば、核融合炉内壁の保護ブロックを遠隔操作によりレーザ加工することが容易になる。

【0034】図11において、図10に示したレーザ加工ヘッド21が断面長矩形の保護カバー35で囲った、先端が丸をなしている支持棒40により制御部筐体41に固定されている。制御部筐体41内には、イメージファイバー23からの光情報を受けて表示させるモニター装置42、第1ローラチューブ27中の光ファイバーを抜き差しして先端位置を調整する第1の調整装置43、第2ローラチューブ30中の光ファイバー先端位置を調整する第2調整装置44、図外のレーザ発振器からのレーザ光を分岐して第1調整装置43と第2調整装置44に供給する光分岐装置45、ガス配管32に供給する不活性ガスの圧力を調整するガス供給装置46、フィルターワイヤ33を供給するフィルター給送装置47が収納されている。制御部筐体41はさらに入れ子状態で外筐48に納まっていてアクチュエータ49により図中左右に移動するようになっている。外筐48は被加工物に対して平行に敷設されるレール50に沿って図に対して垂直方向に駆動される。51はレール50を挟んで外筐48を駆動するためのローラ、52はローラ51を駆動するモータである。

【0035】図12は、溶接対象開先の例として核融合炉内壁の保護ブロック62の足部63に形成した厚み70mmの板の開先断面形状を示す。多層盛り溶接は、開先の奥にある6.5mmの突き合わせ部分で加工後の姿勢が崩れないように溶接による仮留めを行った後に、最奥部幅3mmの部分からフィルターワイヤ33を溶融しながら充填してゆく。このときフィルターワイヤ33を溶融した溶融金属が溶着面になじみやすいように予め充填位置を少し溶融して濡れ性を高めておく。溶融位置は、充填が進むにつれて後退しつつ層を成し、最後には表面における幅4mmのところまで充填して完成する。図11に示すレーザ加工装置によって核融合炉内壁の保護ブ

ック62をレーザ加工するときは、レーザ加工ヘッド21を保護ブロックがない馬蹄型の下方の空き部分からブロック裏側の空間に挿入し、幅20mmの隙間に厚さ15mmのヘッド支持棒部分40を通し、挿入深さをアクチュエータ49で加減して加工ヘッド21が溶接部位から外れないようにしながら、レール50に沿ってローラ駆動することによりレーザ加工ヘッド支持棒40を隙間に沿って上方に移動させてつつ、切断あるいは溶接を行う。このように、本実施例のレーザ加工ヘッドを用いれば、上記のような狭隙部分のレーザ加工が容易に実施可能になる。また、人の立ち入れないような部分についても遠隔でレーザ加工を施すことが可能となる。また、ヨウ素レーザを使用し、ヨウ素レーザの波長における吸収率が低い石英を母材とする屈折率分布型レンズを使用した場合には、大型のレーザ発振器を用いて高出力レーザ光を任意の位置に配送してレーザ加工を実施することができる。

【0036】

【発明の効果】以上、説明した通り、本発明のレーザ加工ヘッドは少ない部品を用いて極めて小型に仕上がるため、狭隙部に挿入してレーザ加工を行うことができる。さらにレーザ加工部位を光ファイバー挿入量により加減できるので、各種のレーザ加工に対応ができるほか、加工中に有効なレーザエネルギーを供給する位置を変更しながら適切な加工を実施することができる。また、容易に遠隔操作することができるので、核融合炉内のように人の立ち入れない雰囲気中でも使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示す断面図である。

【図2】屈折率分布型レンズ端面に点光源を密着させたときの結像状態を表す図面である。

【図3】屈折率分布型レンズのピッチと出射端面・像間距離の関係を表すグラフである。

【図4】光ファイバーからの出射光を点光源と見なすときの光源位置の関係を表す図である。

【図5】仮想点光源位置を計算した結果を示すグラフである。

【図6】屈折率分布型レンズのピッチと集光点位置の関係を表す図である。

【図7】点光源を屈折率分布型レンズの入射端面近くに置いたとき(図7(a))と、遠ざけて置いたとき(図7(b))の集光点位置を示す図面である。

【図8】屈折率分布型レンズの結像原理を示す図面である。

【図9】屈折率分布型レンズにおける物体・レンズ前面間距離 l_1 と像・レンズ後面間距離 l_2 の関係を表すグラフである。

【図10】第2実施例のレーザ加工ヘッドを表す図面である。

【図11】第2実施例のレーザ加工ヘッドを使用するレ

15

ーザ加工装置をその使用の形態と共に示す平面断面図である。

【図12】溶接対象開先例の断面形状を示す図面である。

【図13】従来のレーザ加工ヘッドの例を示す図面である。

【図14】従来のスリーブ溶接法の装置構成例の概略図である。

【符号の説明】

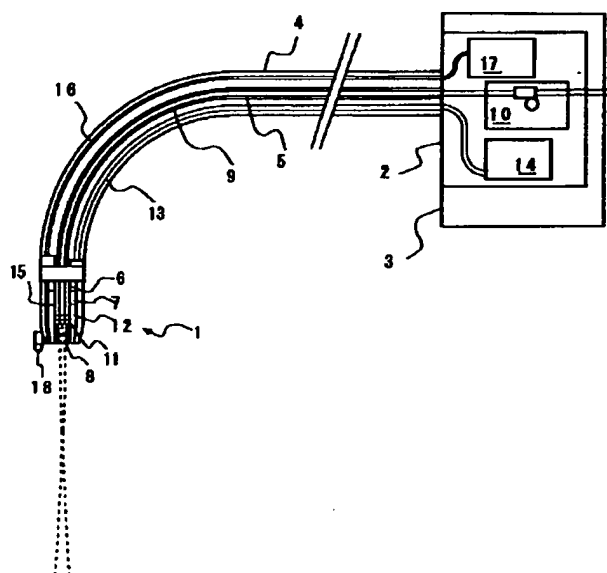
- 1 レーザ加工ヘッド
- 2 制御部筐体
- 3 アタッチメント
- 4 ヘッド支持棒
- 5 光ファイバー
- 6 保持具
- 7 支持材
- 8 屈折率分布型レンズ
- 9 ローラチューブ
- 10 駆動装置
- 11 ガイド
- 12 ノズル
- 13 ガス管
- 14 ガス供給装置
- 15 光ファイバー
- 16 イメージファイバー
- 17 モニター装置
- 18 ガイドローラ
- 21 レーザ加工ヘッド
- 22 チップ保持ブロック
- 23 イメージファイバー

16

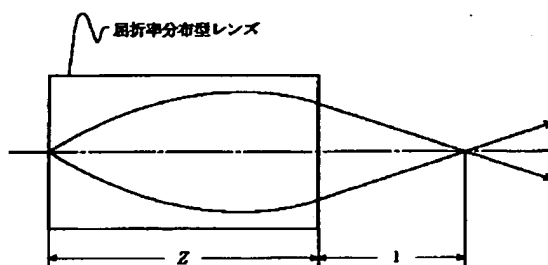
- 24 光ファイバー
- 25 レーザ加工チップ
- 26 屈折率分布型レンズ
- 27 ローラチューブ
- 28 第2レーザ加工チップ
- 29 屈折率分布型レンズ
- 30 ローラチューブ
- 31 ガス吹き出し管
- 32 ガス配管
- 33 フィラーワイヤ
- 34 ヘッドカバー
- 35 保護カバー
- 40 レーザ加工ヘッド支持棒
- 41 制御部筐体
- 42 モニター装置
- 43 調整装置
- 44 調整装置
- 45 光分岐装置
- 46 ガス供給装置
- 47 フィラーワイヤ給送装置
- 48 外筐
- 49 アクチュエータ
- 50 レール
- 51 ローラ
- 52 モータ
- 60 核融合炉内壁
- 61 支持梁
- 62 保護ブロック
- 63 支持部

30

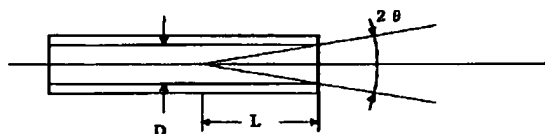
【図1】



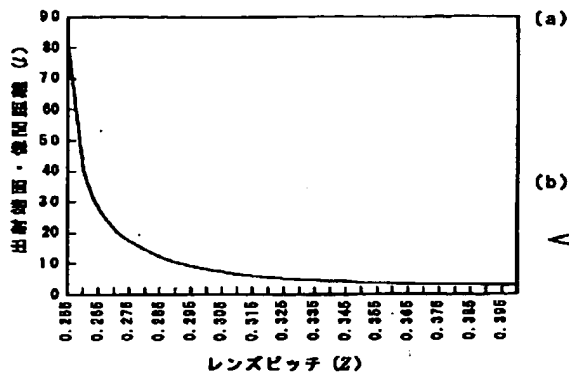
【図2】



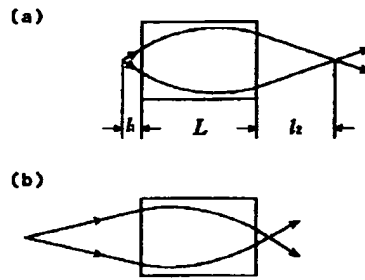
【図4】



【図3】

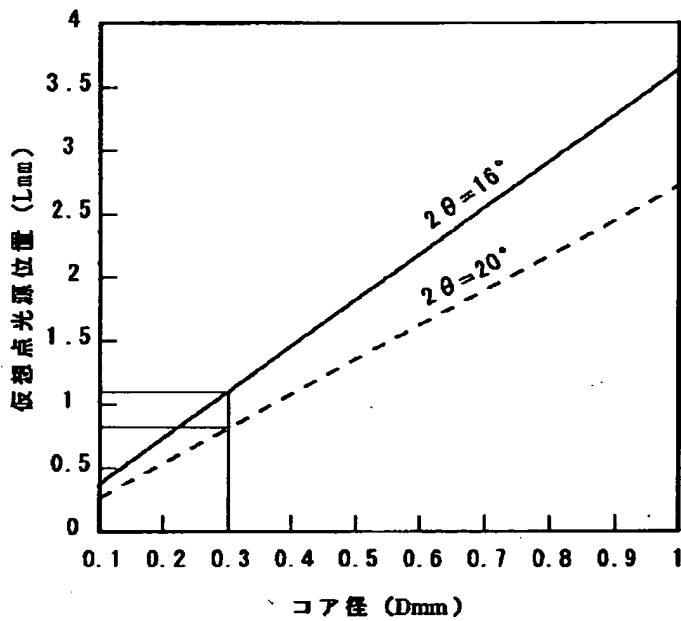


【図7】

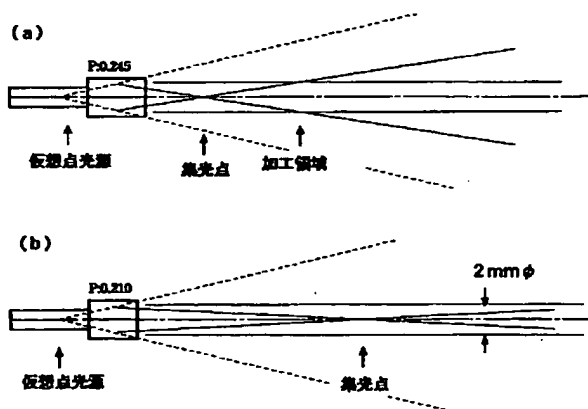


【図12】

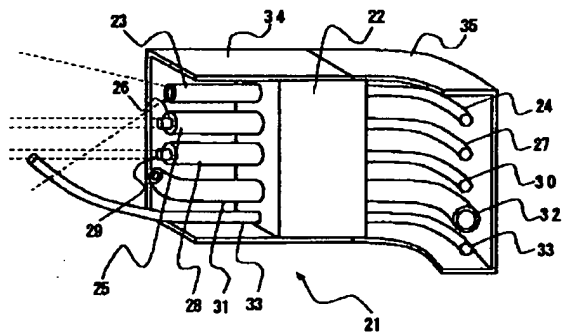
【図5】



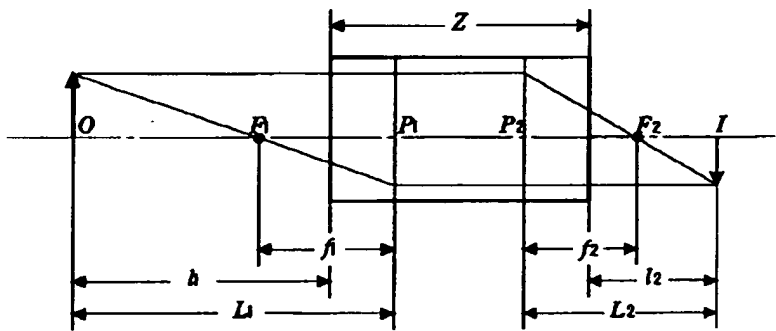
【図6】



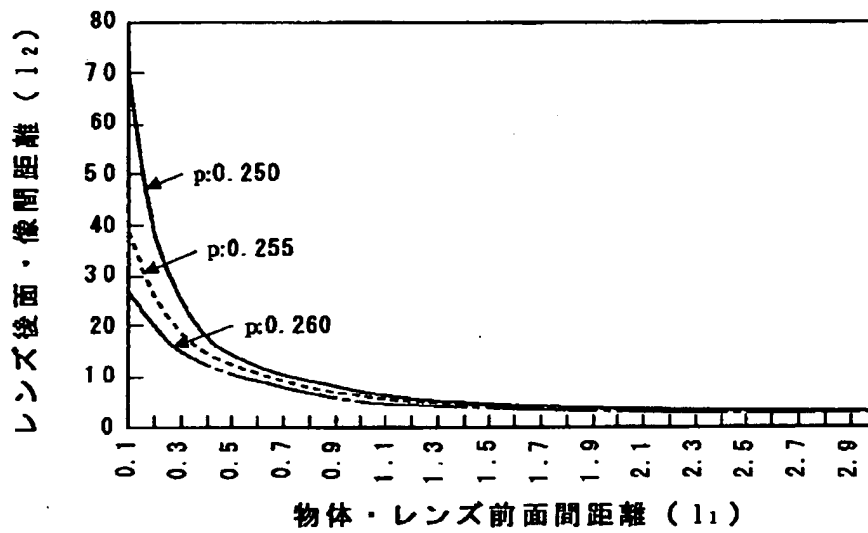
【図10】



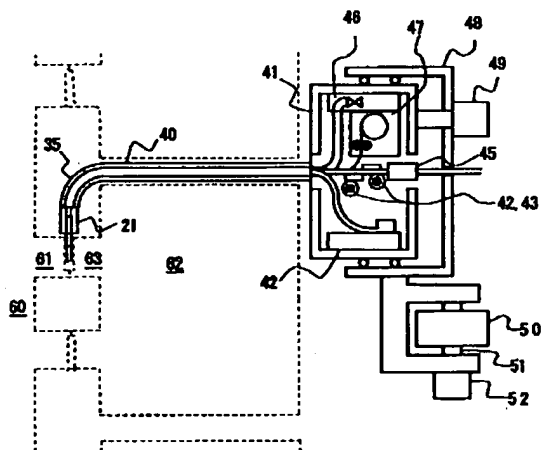
【図8】



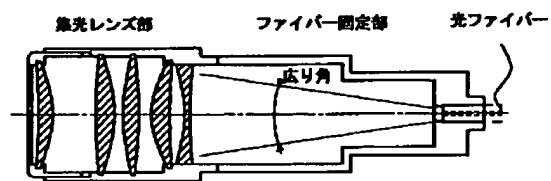
【図9】



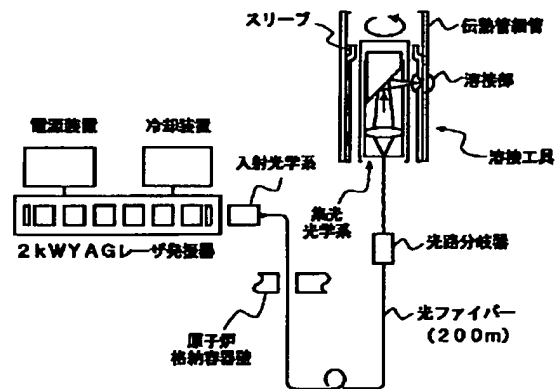
【図11】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
B23K 26/14			B23K 26/14	A
G02B 6/42			G02B 6/42	
G21C 19/02	GDP		G21C 19/02	GDPJ

JP9-103896

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the very minute processing head which enables processing which used high power laser especially in narrow parts, such as a pipe inside and a background of the interior protection tile of a nuclear fusion reactor, and which can adjust a focal location about the small laser-beam-machining head which can treat the high power laser of an optical-fiber light guide type.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since there are improvement in the engine performance of a laser transmitter and improvement in the engine performance of transmission optical system, such as a lens, it is high and the simplification of beam handling optical system of the degree of freedom of a processing location was attained in recent years, the high processing system of flexibility using an optical fiber is built, and high power laser beam machining has come to be performed. Also in condensing optical system, as well as detailed-izing of the condensing spot in fiber plane of incidence, the condensing spot in a processing point is also made detailed, and laser-beam-machining applicability is also expanding welding of electronic parts, cutting of a thick plate, perforation, etc. By such the latest advance, as transmission optical system, since the core diameter of 0.2-0.8mm and the result **** mm thin and flexible optical fiber were used, for example, access of the part which neither the defective location inside a narrow groove and a capillary nor a man can pry into was almost attained in any parts.

[0003] however, it be desirable to have converge with the diameter lens of macrostomia, after widen enough the laser in which outgoing radiation be carried out by the need that the direction of condensing optical system improve fiber outgoing radiation light small to the optical fiber, in the point converge [diaphragm], and since it could but consider as the combination lens method used the lens two or more from the need of make aberration small, the distance from a fiber end face to the processing lens last edge could but become long greatly [the path of the processing head section] again. Moreover, in order to lengthen significant part which has the energy of a level required for processing, breadth of a beam of light needed to be made small, and a large distance from the outgoing radiation edge of an optical fiber to a lens had to be taken. Moreover, the energy density which irradiates a workpiece according to the class of processings made into the purpose, such as melting, quenching, cladding, and marking, differs. For this reason, different optical system designed for every focal distance was prepared, and optical system needed to be substituted and used when applications differed. Moreover, when filling up the groove section of a workpiece with melt, it is necessary to make it change according to advance of processing of a condensing point location.

[0004] Drawing 13 is a drawing in which the example of the conventional laser-beam-machining head is shown. A laser beam carries out outgoing radiation with a fixed angle of divergence from the end face of the optical fiber fixed to the drawing Nakamigi edge. The laser beam which spread in suitable magnitude is condensed by the condensing optical system which consists of a combination lens. Repositioning of the last stage lens has become possible for shaft orientations, and it can adjust a

condensing point location a little. In addition, in order to change a condensing point location and the diameter of condensing still more greatly, the thing which enabled it to exchange only the condenser lens section if needed is indicated at JP,4-305390,A by making a fiber fixed part and the condenser lens section into discrete-type structure. As these examples of a design, that whose die length the path of a condensing optical part is about 100mm, and is about 300mm is obtained about the laser-beam-machining head which used the 1.3kW YAG laser.

[0005] Moreover, if the lens of a quartz system is used as a condensing system, since cooling is difficult, faults, such as coating breakage by overheating in response to radiant heat and destruction of the lens itself, will be produced. Moreover, distortion by heat makes optical system produce fault. On the other hand, the laser-beam-machining head on which JP,5-212571,A constitutes the laser beam incidence side of the lens holder holding a processing lens from a laser beam reflector, and constitutes the housing inside from a laser beam absorber is indicated. Furthermore, the radiation fin was prepared in housing and the heat distortion of a processing lens is controlled through cooling water etc. Since this laser-beam-machining head is what absorbs heat positively with housing and cools it, it is not easy to store a head dimension small. Thus, although the degree of freedom of a processing location was expectable in transmission optical system, processing of a narrow part mainly has constraint with the path and die length of condensing optical system, and dwarfish-ization of condensing optical system was demanded.

[0006] In addition, the technique of cursing conventionally, transmitting the YAG laser of high power with an optical fiber instead of the formula repairing method, and welding a repair sleeve from a narrow capillary inside for repair of the steam generator heat exchanger tube damage section of a pressurization water type nuclear power plant, is developed. Laser welding of a weld zone in narrow remoteness [be / it / an activity ambient atmosphere] is desirable. Drawing 14 is the schematic diagram of the example of an equipment configuration of the describing [above] sleeve welding method. While the 2kW YAG laser oscillator which equips the container besides a reactor container with a power source and a cooling system is installed, the controller of the various robots which operate in a furnace, and the visual inspection equipment after welding are carried in the trailer outside drawing. The beam obtained from the oscillator is transmitted by the optical-path diverging device inside a heat exchanger tube, and the 25 morem optical fiber to the welding head with an optical fiber with a die length [of 200m], and a core diameter of 0.55mm. It converges by the lens system which consists of four lenses with an outer diameter of 16mm or less the laser beam by which stripping is carried out from an optical fiber, and a condensing spot with a beam diameter of 0.6mm is made to form in the place into which it was made to reflect in by the high reflection factor metal mirror in which derivative multilayers were formed, and the sleeve with a bore of 16.4mm went 0.2mm in the welding head. The welding head goes around a shaft around and welds a sleeve to a heat exchanger tube with a bore of 19.6mm. Even if it was in the activity ambient atmosphere by such laser-welding-type sleeve repairing method; welding repair of the part in a narrow capillary could be easily carried out by remote operation.

[0007] The laser-beam-machining head improved in order to use it for JP,7-116880,A at such a purpose is indicated. It is a small thing possessing the device which a shaft ** the laser beam to which outgoing radiation of the laser-beam-machining head indicated here was carried out from the optical fiber instead of a lens system, and converges it by the ellipse mirror, and the cooler style which cools the head section. Since a laser beam will condense to the focus of another side if the tip of an optical fiber carries out shaft outside and arranges to one focus of an ellipse mirror, laser beam machining becomes possible. The laser beam tow collecting machine style containing an ellipse mirror is cooled in order to prevent overheating by radiant heat. This laser-beam-machining head is set on the shaft of the breakage part in the capillary with which the size was decided, and it revolves around the shaft of an optical fiber, and it **, and an ellipse mirror irradiates the edge of the sleeve which carried out refraction condensing of the high power laser beam, and was applied to the capillary inside, and welds a shaft to a capillary. This laser-beam-machining head can be economically manufactured with few components without an optical lens system. By setting up the combination of the curved-surface configuration of a mirror, and the distance between a focus and a workpiece proper, the laser-beam-machining head of a JP,7-116880,A indication here sets up the energy density in a constructing point freely, and supposes that it is possible

to make the heat source suitable for various processings, such as melting, quenching, and cladding. However, if the energy density suitable for processing changes with this laser-beam-machining head, it is impossible to correspond, when a mirror is exchanged according to it, or the location of a laser-beam-machining head must be changed, and it must construct, furthermore proper energy density changes during processing.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Then, the technical problem which this invention tends to solve is offering the new fiber light guide type laser-beam-machining head which can perform laser beam machining of narrow parts, such as the interior of a capillary, and a part in a slit, or narrow gap by making the path of condensing optical system small. Moreover, it is offering the laser-beam-machining head from which the lens optical system which was being used conventionally is eliminated, and components mark's can secure optical assembly precision easily few. Furthermore, it is offering the laser-beam-machining equipment which can adjust condensing extent in a processing point easily. Moreover, it is offering the laser-beam-machining head which can change the location of an effective laser beam according to change of a processing location during processings, such as welding of narrow gap.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the laser-beam-machining head of this invention uses a gradient index lens for condensing optical system, and it arranges a gradient index lens so that both optical axis may be in agreement with the laser outgoing end of the optical fiber to which a laser beam is led, and a gradient index lens is characterized by condensing the laser beam which has an angle of divergence. Moreover, it may have the filler feeder style which equips the point of a laser-beam-machining head with a wire chip, and supplies a filler wire to a wire chip, and you may constitute so that the tip of a filler wire may be supplied to the laser part condensed with the gradient index lens. Furthermore, the laser-beam-machining head of this invention has two optical fibers to which a laser beam is led. The 1st gradient index lens is arranged in the laser outgoing end of the 1st optical fiber so that an optical axis may be in agreement. The 2nd gradient index lens is arranged in the laser outgoing end of the 2nd optical fiber so that an optical axis may be in agreement. The laser part furthermore condensed with the 2nd gradient index lens is equipped with the wire chip which supplies the tip of a filler wire. And this wire chip is equipped with the filler feeder style which supplies a filler wire. The ingredient front face of a weld zone is melted using the laser beam condensed with the 1st gradient index lens, and it is characterized by fusing a filler wire using the laser beam continuously condensed with the 2nd gradient index lens, and filling up a weld zone.

[0010] In addition, as for the laser-beam-machining head of this invention, it is desirable to have the device in which the distance between the outgoing end side of an optical fiber and the incidence end face of a refraction distribution pattern lens is adjusted. Furthermore, you may have the gas supply line which equips the periphery section of a gradient index lens with the nozzle which has the diffuser of this alignment in a circle, and supplies welding gas or shielding gas to the nozzle. Furthermore, it is desirable to have the image fiber which consists of two or more optical fibers which are concentrically arranged in the perimeter of a gradient index lens, and receive the light from the processing section. In addition, a laser beam is generated by iodine laser and it is desirable that the base material of a gradient index lens is a quartz.

[0011] Since a path uses a small gradient index lens for condensing optical system as compared with combination lens optical system, a head part will become very detailed, a processing location and the degree of freedom of a posture increase conjointly with the degree of freedom of an optical fiber, and cutting processing and welding processing by laser energy of the laser-beam-machining head of this invention are attained easily also in a narrow part. Moreover, when it has the device which feeds a filler wire, since a filler wire tip is fused and the fusion part of workpiece is supplied while fusing a workpiece front face by the laser beam, a weld zone can be filled up with a suitable metal. Furthermore, have two optical fibers to which a laser beam is led, and the ingredient front face of a weld zone is melted using the laser beam condensed with the 1st gradient index lens. Then, the thing constituted so that a filler

wire might be fused using the laser beam condensed with the 2nd gradient index lens and a weld zone might be filled up. Since surface wettability is raised by fusing an ingredient front face lightly beforehand, the filler metal by which melting was carried out gets used to an ingredient front face well, and a good weld zone without a non-fusion zone with a base material is formed.

[0012] In addition, by adjusting the above-mentioned distance, a laser beam machining head equipped with the device that the distance between the outgoing end side of an optical fiber and the incidence end face of a refraction distribution pattern lens be adjusted changes the condensing extent in a process point, and can acquire the laser configuration and energy level which suit the class of processings, such as distance to an ingredient, and the fusing depth, or welding, cutting, perforation, marking, etc. Moreover, in a welding operator, the need distance to a workpiece, such as carrying out restoration by multilayer welding after the tack weld of a welding groove, can respond by adjusting the distance between an optical-fiber end face and a lens incidence end face, without changing the location of a laser-beam-machining head, also when changing in inside.

[0013] Furthermore, what equipped the periphery section of a gradient index lens with the concentric nozzle, and is equipped with the gas supply line prevents blowing away the metal particles of the shape of plasma generated between a workpiece and a head, and melt adhering to the head section, and achieves the shielding function protect optical system while it cools the head which contains a lens etc. by circulating inert gas, such as Argon Ar, and Helium helium or nitrogen N₂, during processing at the processing head section. Moreover, at the time of cutting processing, by spraying gas into a processing part strongly, it can prevent blowing away melt and depositing on a cutting part, and a cutting plane can be smoothed. Furthermore, what equips the point of a processing head with an image fiber supervises a processing part distantly, and it can use it in order to check an object location, or to observe the condition of fusing and emitting light and to grasp a processing situation.

[0014] In addition, the base material of a gradient index lens is a quartz, and when using iodine laser with a wavelength of 1.315 micrometers, since the permeability of a quartz is sufficiently high near the wavelength of 1.315 micrometers, the laser-beam-machining head which generates powerful energy can be obtained by using together with the laser generator of high power. Moreover, the laser beam which has very powerful energy by development of iodine laser in recent years can be obtained now.

Furthermore, since iodine laser has the high transmission in a quartz, it can be transmitted over long distances with the optical fiber of a quartz system. Then, laser beam machining which uses the laser energy of high power [every place in works] can be made possible by installing a large-sized iodine laser generator in a corner of a processing plant, spreading around in works the optical-fiber network which makes this the starting point, and using the method which distributes laser energy to the laser-beam-machining head of this invention prepared in each processing location through the optical distributor instead of having a laser generator for every laser-beam-machining equipment. Moreover, since the absorption coefficient of a quartz in this field is comparatively low also when using the YAG laser whose laser wavelength is near 1.06 micrometer, a good laser-beam-machining head can be obtained.

[0015]

[Embodiment of the Invention]

[Example 1] Hereafter, based on a drawing, the laser-beam-machining head of this invention is explained using an example. Drawing 1 is the sectional view showing the 1st example of this invention. the manipulator which is not illustrated by the attachment 3 which has the control-section case 2 can be attached previously, and the laser-beam-machining head 1 can perform [actuation of a manipulator] cutting and welding of a narrow part now. The laser-beam-machining head 1 is supported at the tip of the head bearing bar 4 which protrudes from the control-section case 2. the head bearing bar 4 is the shape of a pipe of the key type [outer diameter] with a point perpendicular by about 15mm and die length of about 450mm at the curvature of 45mm at which it came out of and turned, and the laser-beam-machining head 1 attached at the tip is suitable in the perpendicular direction to shaft orientations.

[0016] A laser beam is led to the laser-beam-machining head 1 with an optical fiber 5. A laser beam branches to the optical fiber 5 which it is transmitted from the laser generator outside drawing to near

with a trunk optical fiber, and is similarly connected with the processing head concerned with the optical distributor outside drawing. What is necessary is not to attach a laser generator for every laser-beam-machining head, to furnish one set of a laser generator to a suitable location, and just to supply a laser beam to each head through a trunk optical-fiber network and a distributor with such a configuration, also when two or more processing equipments are in works. Therefore, since there is no constraint in the scale of a laser generator, it is possible to introduce a high power laser generator. For this reason, in order to use a gas medium and to enlarge an output capacitance as well as the ability to use solid state laser, such as an YAG laser well used for laser beam machining, it also becomes possible easily to use the iodine laser with which a generator cannot but become large. Iodine laser is suitable for having the property that the transmission in the optical fiber and gradient index lens which use a quartz as a base material is very large, since wavelength is near 1.315 micrometer, making the inside of an optical fiber spread from a remote laser generator, and performing laser beam machining.

[0017] Although a plastics material can also be used as a base material of an optical fiber 5, in the present condition, the light guide loss is not greatly suitable for the light guide of high power laser. The point of an optical fiber 5 is held so that it may come to the location where a shaft is fixed with a holder 6. The holder 6 is being fixed to this cardiac location to the wall of a head point by the supporting material 7 which forms the beam of a radial. In the holder 6, the gradient index lens 8 is equipped so that the light from the tip of an optical fiber 5 may be received. The gradient index lens 8 is manufactured from the base material of a quartz system in order to suppress absorption of a laser beam. A gradient index lens 8 can use a thing with a result outer diameter of about 2mm.

[0018] A gradient index lens is the cylinder-like optical-glass object with which the refractive index inside a lens is distributed over parabolic from the medial axis toward a peripheral face, and the refractive index is having in the core structure which became it is high and low at a periphery. Since a refractive index changes with locations containing light when light goes into this lens, like the usual lens, by the location, how to turn at light differs and a lens is formed. Drawing 2 is a drawing showing the image formation condition when sticking the point light source to the end face of a gradient index lens, and drawing 3 is a graph showing change of the outgoing radiation end face and the distance between images at this time. The die length of a gradient index lens expresses with the pitch to incident light wavelength, and when it is Z , image formation is carried out to the location of distance l from the output side end face of a gradient index lens. It turns out that an outgoing radiation end face and the distance l between images change [the lens pitch Z] rapidly to a slight change of a lens pitch for a short time as shown in drawing 3. In addition, it expresses the meandering period of the beam of light in a lens, and with the lens of a pitch 0.25, the handstand real image of an infinite distance body carries out image formation of the pitch to an outgoing radiation end face, and if the point light source is conversely put on the core of an incidence end face, it can take out the good light beam of parallelism. Moreover, in a pitch 0.5, the handstand real image of the body put on the incidence end face carries out image formation on an outgoing radiation end face. It can be changed by changing the pitch of a gradient index lens 8, i.e., die-length L , which location of a lens is made to condense. And when it can be assumed that the outgoing radiation light from an optical fiber is the point light source, it can ask for the location of a condensing point easily by count.

[0019] However, it cannot be considered that an actual optical fiber is the point light source which exists in the end face of an optical fiber since a core diameter has the value of finite. Drawing 4 is drawing showing the relation of the light source location when considering that the outgoing radiation light from an optical fiber is the point light source. The core diameter of an optical fiber is D_{mm} , and if an angle of divergence is 2θ , it can be supposed that the point light source exists in the location into which it went L_{mm} from the end face. Drawing 5 $R > 5$ is a graph which shows the result of having calculated the ideal point light source location about the concrete value. When a core diameter is 0.3mm, it can consider as the place into which the ideal point light source location went 1.07mm from the end face when 2θ was 16 degrees, and if 2θ is 20 degrees, it can consider as the place into which it went 0.85mm from the end face. When a fiber is directly contacted to a gradient index lens, as that in which light appeared from the point light source location of the above imagination, the location of the

condensing point after passing a gradient index lens must be decided.

[0020] Thus, the suitable pitch of a gradient index lens is decided from the ideal point light source location for which it asks from the angle of divergence of a laser beam and the core diameter of an optical fiber to be used, and the distance to a workpiece to need. Drawing 6 is drawing having shown how a condensing point location would change with pitches of a gradient index lens. In the time (drawing 6 (b)) of being a time (drawing 6 (a)) of a pitch being 0.245 (L= 6.6mm), and 0.210 (L= 5.5mm), 8mm, 24mm, and an about 3 times as many difference as this produce a condensing location from a gradient index lens end face, respectively. Moreover, if the breadth of a laser beam assumes that processing energy density required within a 2mm radius is obtained, as for the former, less than 25mm will become a processible field from a gradient index lens end face, and, as for the latter, even about 60mm will become a processible field. Therefore, even if the contents of processing change, it can be coped with by choosing and replacing the gradient index lens of a suitable pitch.

[0021] When an optical fiber is separated from a gradient index lens, an ideal point light source location must determine the location of the condensing point after passing a gradient index lens noting that it is located in the place which applied the distance of an optical-fiber outgoing radiation side and a gradient index lens incidence end face further. Drawing 7 is a drawing in which the time (drawing 7 (a)) of placing the point light source near the incidence end face of a gradient index lens and the condensing point location (drawing 7 (b)) when keeping away and placing are shown. If the incidence end face and the distance l1 between bodies of a lens become large, an outgoing radiation end face and the distance l2 between images will become small.

[0022] Drawing 8 is a drawing in which the image formation principle of a gradient index lens is shown. The relation between an incidence end face and the distance l1 between bodies, and an outgoing radiation end face and the distance between images l2 can consider that a gradient index lens is a heavy-gage lens, as shown in drawing 8, and it can ask for it by the formula of a heavy-gage lens from body O and the distance L1 between principal planes P1, image I and the distance between principal planes P2 L2, and a focal distance f (f=f1=f2). However, it is easier for the following formula (1) and (2) to be used by the lens design top, and to ask also for a condensing point location based on these formulas. Here, it is the constant as which n0 expresses the refractive index on an optical axis, and A expresses refractive-index part blanket-like voice. In addition, there is a wavelength dependency in this constant.

[0023]

[Equation 1]

$$l_2 = \frac{1}{n_0 \sqrt{A}} \cdot \frac{n_0 l_1 \sqrt{A} \cos \sqrt{A} Z + \sin \sqrt{A} Z}{n_0 l_1 \sqrt{A} \sin \sqrt{A} Z - \cos \sqrt{A} Z} \quad \dots \quad (1)$$

[Equation 2]

$$m = \mp \sqrt{\frac{n_0^2 A l_2^2 + 1}{n_0^2 A l_1^2 + 1}} = \frac{-1}{n_0 \sqrt{A} \sin \sqrt{A} Z (l_1 - \frac{\cot \sqrt{A} Z}{n_0 \sqrt{A}})} \quad \dots \quad (2)$$

[0024] Drawing 9 is a graph which shows the result of having computed change of the image and the distance l2 between lens rear faces by the body and the distance l1 between the front faces of a lens about the case of pitches 0.250, 0.255, and 0.260 from the formula (1). Change of a body and the distance l1 between the front faces of a lens changes an image and the distance l2 between lens rear faces a lot. Moreover, it has appeared that the rate of change becomes large, so that a pitch becomes small. By adjusting a body and the distance l1 between the front faces of a lens, i.e., the distance of an optical fiber and the incidence end face of a gradient index lens, shows that a condensing point location and a processing field may be changed and you may cope with it instead of replacing a gradient index lens and coping with it from drawing 9, when the contents of processing change.

[0025] An optical fiber 5 can adjust a tip location now by being supported by the roller tube 9 on which an optical fiber 5 can slide inside, and taking out and inserting with the driving gear 10 contained by the

control-section case 2. In the holder 6, also when taking out, inserting and moving an optical fiber, the guide 11 is formed so that the heart of an optical fiber 5 may not shift from a center line. In order that few variation rates of an optical fiber 5 may change a condensing location a lot, the roller tube 9 is used because an optical fiber 5 can be smoothly taken out and inserted by the small force. The roller tube 9 is contained in the head bearing bar 4. Moreover, like [in the case of shifting a processing location gradually toward depth in perforation of a thick plate from a front face], also when it is necessary to change distance with a workpiece during processing, it can be appropriately coped with by controlling the tip location of an optical fiber 5.

[0026] The space of a holder 6 exists between the periphery section of a gradient index lens 5, and a head wall, and the concentric nozzle 12 is formed in it. Inert gas and air which are used as shielding gas or welding gas from a gas pipe 13, such as an argon, nitrogen, and helium, are supplied to this nozzle 12. The gas pipe 13 is contained along with the optical fiber 5 in the head bearing bar 4, and is connected to the gas transfer unit 14 in the control-section case 2. A gas transfer unit 14 adjusts pressures, such as inert gas, and supplies them to a gas pipe 13. This gas has the operation which cools a laser-beam-machining head and secures optical precision. Moreover, if the pressure of gas is set up suitably, the plasma particles of the workpiece which laser melts and produces can be blown away, and it can protect so that the optical system of a laser-beam-machining head may not be polluted. Since it will blow away by high-speed gas as melting of the workpiece is carried out if the pressure of gas is furthermore set up highly and it is made for gas to be equivalent to a laser-beam-machining part at high speed, a workpiece is melted. Although inert gas can also be supplied from the bomb stacked into the control-section case, you may make it supply for piping from the source of gas besides a case.

[0027] Two or more optical fibers 15 are arranged by the head wall, it unifies, the image fiber 16 is formed, and it has connected with the monitoring device 17 in the control-section case 2 through the centrum in the head bearing bar 4. A monitoring device 17 is displayed on the display tube in which the image which unifies that to which each optical fiber 15 received the light from the processing section, and an image fiber 16 forms was prepared in the opportunity side or the central supervision room. An operator can judge a processing situation from the displayed image. In order to maintain the point and workpiece of the laser-beam-machining head 1 at fixed relation, such as holding for example, at 5mm spacing, the guide idler 18 is attached.

[0028] According to the outer diameter of the head bearing bar 4 which supports the laser-beam-machining head 1 at a tip, an outer diameter can make the laser-beam-machining head 1 constituted as mentioned above about 15mm and die length of about 20mm, and it turns into an as a whole very small processing head. Therefore, if the equipment of this example is used, it is possible to insert and carry out laser beam machining of the laser-beam-machining head 1 to very narrow parts, such as inside of a capillary or a slit. Moreover, since the tip of an optical fiber 5 can be taken to the end face of a gradient index lens 8 and distance can be adjusted, various kinds of laser beam machining, such as welding, cutting, quenching, cladding, and marking, can be carried out with the same equipment. In addition, restoration welding can be performed by being attached in the same filler wire feeding device as what is stated to a detail in explanation of the 2nd example. Moreover, a processing location can be continuously changed by remoteness during about [that the energy part blanket-like voice in suitable laser beam machining can be chosen according to an object or the class of processing], and processing. In addition, although [this example] an optical fiber 5 is justified with the driving gear 10 in the control-section case 2, it cannot be overemphasized that this may be remotely controlled for the driving gear of a minima type in preparation for the inside of the laser-beam-machining head 1 of a point, and an optical fiber 5 may be taken in and out. Furthermore, a processing condition can be continuously supervised through a monitoring device. It turns a cross section to a processing part, and seems in addition, to have constituted so that two or more optical fibers 15 distributed and arranged in the head wall might be unified, but to acquire an image directly, although the image fiber 16 bundled two or more optical fibers.

[0029]

[Example 2] Drawing 10 is a perspective view showing the place which removed some walls of the

laser-beam-machining head of the 2nd example of this invention. The 2nd example is installing two fibers to which a laser beam is led, in order to show the example of the processing head constituted for narrow gap laser welding, to add the feeder which feeds a wire to a processing point in order to carry out to welding, and to realize multilayer welding by laser. Drawing 10 expresses the condition of having removed the wall inside [protective cover] the laser-beam-machining head 21 of the 2nd example. The laser-beam-machining head 21 has the chip maintenance block 22, and the image fiber 23 for monitors is embedded by the topmost part at this chip maintenance block 22. The image with which the image fiber 23 was bundled so that it might become the same arrangement at both the tips, and it acquired two or more optical fibers at the tip is transmitted with an optical fiber 24.

[0030] Directly under the image fiber 23, the 1st laser-beam-machining chip 25 is arranged. The 1st laser-beam-machining chip 25 has laid the 1st gradient index lens 26 underground at the tip, and it is constituted so that the tip of the optical fiber which transmits the laser beam for processing to the end face of this lens may be this ******(ed) on the same axle and both distance can be adjusted. You may make it adjustment of distance take out and insert an optical fiber with an external adjusting device like the 1st example, and it may be equipped with a small driving gear in block 22. The optical fiber is combined with the trunk optical fiber with which an optical fiber is supported by the 1st roller tube 27 which can slide inside, and distributes a laser beam through a control-section case. In addition, when adjustment of an exact condensing location cannot perform the above-mentioned range adjustment, either, the location which can be adjusted can be changed by replacing with a suitable gradient index lens. Downward, the 2nd laser-beam-machining chip 28 is arranged at the pan of the 1st laser-beam-machining chip 25. The 2nd gradient index lens 29 as well as the 1st laser-beam-machining chip 25 is laid underground at the tip, the tip of the optical fiber supported by the 2nd roller tube 30 is this ******(ed) by the end face of this lens, and the 2nd laser-beam-machining chip 28 can also adjust both distance now. The adjustment approach of distance is the same as that of the 1st laser-beam-machining chip 25.

[0031] The gas blow-off pipe 31 is arranged under the 2nd laser-beam-machining chip 28. The gas which has a suitable pressure is supplied by gas piping 32. The diffuser of the gas blow-off pipe 31 has turned to the point of the 1st laser-beam-machining chip 25 and the 2nd laser-beam-machining chip 28, and it blows away the spatter and plume which are produced with laser, and it protects them so that a laser-beam-machining head may not be polluted, while emitted gas cools a laser-beam-machining head. Fusing of a workpiece will be attained if it is made for gas to be equivalent to the part in which the 2nd laser-beam-machining chip 28 is furthermore carrying out laser beam machining at high speed. Moreover, the filler wire feeding device which is not illustrated is furnished in the block 22 under the gas blow-off pipe 31. A filler wire feeding device supplies the tip of the filler wire 33 in [of the laser beam to which it emanates from the 2nd laser-beam-machining chip 28 / which can be welded] a field. The above-mentioned laser beam dissolves, and a filler wire adheres to a workpiece front face, and is solidified there. A filler wire is newly extruded as melting of the part for a point is carried out and it is consumed, and it is supplied to a filler wire feeding device. The laser-beam-machining head 21 is covered with the cylinder-head cover 34. As for the laser-beam-machining head 21, the cross section was settled in 15mm of ********, and magnitude with a height of about 55mm. In addition, 35 is covering which protects an optical fiber 24 and 27 grades, and the chip maintenance block 22 is fixed to a protective cover 35.

[0032] According to the laser-beam-machining head of this example, the laser beam from the 1st laser-beam-machining chip 25 melts the front face of a base material slightly, and raises wettability with an addition metal. Since it moves up at a suitable rate, the laser beam by which outgoing radiation is carried out from the 2nd laser-beam-machining chip 28 in the place where the wettability on the front face of a base material became high fuses a filler wire, adheres to a base material front face, and, as for the laser-beam-machining head 21, is filled up with a groove. A processing part is supervised with an image fiber. The inert gas (N₂, Ar, helium, etc.) sprayed from the gas blow-off pipe 31 is effective for cooling of the gradient index lens at the tip of an optical fiber, and a surface protection. It has turned at the processing head in the shape of ********, and multilayer peak laser welding of the groove section in the inner part of a narrow part can be realized.

[0033] Drawing 11 is the flat-surface sectional view showing the laser-beam-machining equipment which uses the laser-beam-machining head of the 2nd example with the gestalt of the use. Especially the laser-beam-machining equipment shown in drawing 11 is constituted so that laser beam machining of the protective block of a nuclear fusion reactor wall can be carried out. The supporting beam 61 with a thickness of 70mm is attached in the hoop direction at the wall 60 of a tunnel-like nuclear fusion reactor. Moreover, there is a supporter 63 with a thickness [like two gear teeth of wooden clogs] of 70mm in a protective block 62, and this is welded to the supporting beam 61 of a wall, and is fixed to a wall. Thickness is carrying out the rectangle by about 400mm, and the protective block 62 is mutually stuck in the shape of a tile at intervals of about 20mm. However, the protective block 62 is mostly arranged in the shape of horse's hoofs, and there is a part on which the protective block 62 is not stuck in the floor in a furnace. While making a containment field strong against the space in a furnace by these protective blocks 62, the temperature of the elevated-temperature high-pressure plasma eases the effect which it has on a wall. Although it is necessary to repair periodically the protective block prepared in this nuclear fusion reactor wall, in order that activity may remain in a furnace, people entering and constructing must avoid it. Although a new block was attached and welded after cutting and removing the supporting beam on a block background in order to exchange a protective block, there was no approach of accessing the block by the side of inside until now, and it could not but cut sequentially from the edge, it could not but remove, and could not but attach sequentially from the inside side. According to the laser-beam-machining equipment shown in drawing 11, it becomes easy to carry out laser beam machining of the protective block of a nuclear fusion reactor wall by remote operation.

[0034] It is being fixed to the control-section case 41 in drawing 11 by the bearing bar 40 which the laser-beam-machining head 21 shown in drawing 10 enclosed with the protective cover 35 of a cross-section length rectangle and to which the tip is making the arc. In the control-section case 41 Take out and insert the optical fiber in the monitoring device 42 displayed in response to the optical information from an image fiber 23, and the 1st roller tube 27. The laser beam from the 1st adjusting device 43 which adjusts a tip location, the 2nd adjusting device 44 which adjusts the optical-fiber tip location in the 2nd roller tube 30, and the laser oscillation machine outside drawing is branched. The optical diverging device 45 supplied to the 1st adjusting device 43 and the 2nd adjusting device 44, the gas transfer unit 46 which adjusts the pressure of the inert gas supplied to gas piping 32, and the filler wire feeding device 47 which supplies the filler wire 33 are contained. The control-section case 41 is further restored to outside ** 48 in the state of the nest, and moves to right and left among drawing with an actuator 49. Outside ** 48 is perpendicularly driven to drawing along with the rail 50 laid in parallel to a workpiece. A roller for 51 to drive outside ** 48 on both sides of a rail 50 and 52 are motors which drive a roller 51.

[0035] Drawing 12 shows the groove cross-section configuration of a plate with a thickness of 70mm formed in the foot 63 of the protective block 62 of a nuclear fusion reactor wall as an example of the groove for welding. After performing the temporary stop by welding so that the posture after processing may not collapse in the 6.5mm comparison part in the inner part of a groove, it is filled up with multilayer peak welding, fusing the filler wire 33 from a part with a maximum inner width of face of 3mm. A little restoration location is fused beforehand and wettability is raised so that the molten metal which fused the filler wire 33 at this time may be easy concordance to a joining side. A melting location accomplishes a layer, retreating as restoration progresses, and fills up with and completes it at the last till a place with a width of face [in a front face] of 4mm. When carrying out laser beam machining of the protective block 62 of a nuclear fusion reactor wall with the laser-beam-machining equipment shown in drawing 11 The laser-beam-machining head 21 is inserted in the space on a block background from the empty part of the lower part of a horse's hoofs mold without a protective block. Adjusting the head bearing-bar part 40 with a thickness of 15mm right through, adjusting the immersion depth with an actuator 49 in a clearance with a width of face of 20mm, and making it the processing head 21 not separate from weld zone grade Cutting or welding is performed moving the laser-beam-machining head bearing bar 40 up along a clearance by carrying out a roller drive along with a rail 50. Thus, if the laser-beam-machining head of this example is used, operation of laser beam machining of the above narrow

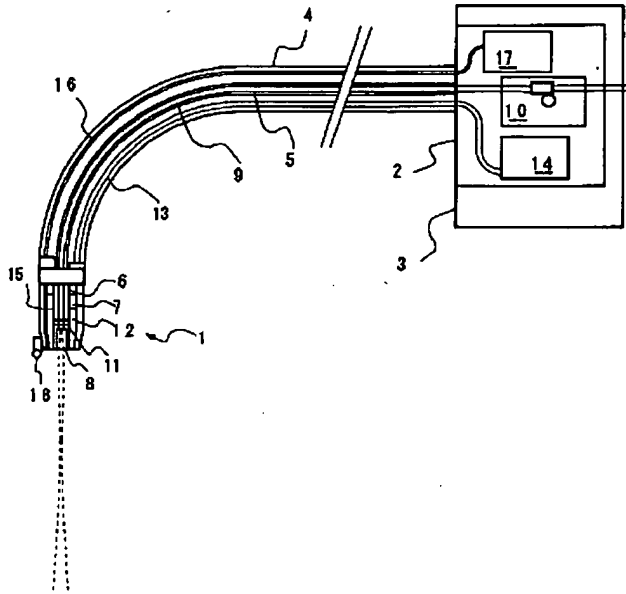
parts will be attained easily. Moreover, it becomes possible to perform laser beam machining distantly also about the part which people cannot pry into. Moreover, when iodine laser is used and the gradient index lens which uses a quartz with the low absorption coefficient in the wavelength of iodine laser as a base material is used, a high power laser beam can be delivered in the location of arbitration using a large-sized laser oscillation machine, and laser beam machining can be carried out.

[0036]

[Effect of the Invention] As mentioned above, since the laser-beam-machining head of this invention is finished very small using few components, it can be inserted in the narrow section and can perform laser beam machining, as explained. Since a laser-beam-machining part can furthermore be adjusted with the amount of optical-fiber insertion, correspondence is possible for various kinds of laser beam machining, and also suitable processing can be carried out, changing the location which supplies the effective laser energy during processing. Moreover, since it can operate by remote control easily, it can be used also in the ambient atmosphere which people cannot pry into like [in a nuclear fusion reactor].

[Translation done.]

Drawing selection **Representative drawing** ▼



[Translation done.]